

Серьезная проблема применяемых в настоящее время анодов – низкая устойчивость при циклировании температуры и окислительно-восстановительной атмосферы работы устройства. Существующие анодные материалы подвергаются сильной деградации из-за фазовых переходов и изменения линейных размеров вследствие химического расширения материала, так как в его состав входят элементы с переменной валентностью. Одним из возможных решений этой проблемы является применение анодных материалов с принципиально новым структурным типом. Предлагаемый нами материал – легированный катионами железа майенит $\text{Ca}_{12-x}\text{Fe}_x\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$. Проводимость по анионам кислорода у нелегированного майенита невысока и составляет $2 \cdot 10^{-2}$ См/см при 900°C [1] в окислительной атмосфере. В восстановительных условиях величина электропроводности достигает $1,6 \cdot 10^3$ См/см [2]. Введение добавки катиона переменной валентности создает смешанную проводимость, увеличивая общую проводимость. Особенность структуры майенита, составленного из полых сферических элементов, дает возможность избежать губительных для анода последствий химического расширения материала.

Составы $\text{Ca}_{12-x}\text{Fe}_x\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$, где x изменялось в диапазоне от 0,1 до 5 мольных %, осуществляли методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза с применением этиленгликоля в качестве топлива. Термообработку проводили на воздухе при температуре 1200°C в течение 36-48 часов и в восстановительной атмосфере в потоке водорода при 1200°C в течение 6 часов. Состав полученных образцов изучали рентгенофазовым анализом.

В результате обжига в окислительной атмосфере Fe (III) замещает катионы Al, и фаза распадается на майенит, CaAl_2O_4 и браунмеллерит состава $\text{Ca}_2\text{Al}_{2-x}\text{Fe}_x\text{O}_5$. После обжига в восстановительной атмосфере удалось получить образцы, содержащие майенит и металлическое железо, что позволяет реализовывать электропроводность даже при комнатной температуре.

Исследование поддержано Правительством Свердловской области и Российским фондом фундаментальных исследований. Грант № 13-08-96020.

Библиографический список

1. J.Janek, J.-K. Lee Defect chemistry of the mixed conducting cage compound $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$ // J. Korean Ceramic Society. 2010. V. 47 (2). P. 99.
2. Kim S.W., Matsuishi S., Nomura T., Kubota Y., Takata M., Hayashi K., Kamiya T., Hirano M., Hosono H. Metallic State in a Lime-Alumina Compound with Nanoporous Structure // Nano Lett. 2007. V. 7. № 5. P. 1138-1143.

ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ТОНКОДИСПЕРСНОЙ ИЗВЕСТИ

*Фетисова Е.Б., Фетисов Б.А, Уфимцев В.М.
УрФУ, jennyf@el.ru, b.a.fetisov@ustu.ru, uvm38@mail.ru*

В технологии ячеистого бетона используется дисперсная известь, которая традиционно получается помолом строительной комовой извести.

Тонкодисперсная известь для получения ячеистого бетона по ГОСТ 9179-77 должна обладать следующими свойствами: иметь время гашения от 5 до 25 мин. (быстро- и среднегасящаяся) и содержать активные $\text{CaO} + \text{MgO}$ не менее 70 %, «пережога» – не более 2 %.

Строительная комовая известь получается по существующей технологии обжигом известняка в шахтных или трубчатых вращающихся печах.

Достоинством шахтной печи является ее высокая тепловая экономичность, а недостатком – неравномерность обжига куска известняка по его толщине и по сечению шахты (в шахтных печах выход годного продукта составляет, в лучшем случае, не более 85 %). При этом предъявляются жесткие требования к фракционному составу исходного сырья, его термической стойкости и механической прочности.

Достоинства вращающейся трубчатой печи: может использоваться для обжига сырья, непригодного для обжига в шахтных печах, улучшается по сравнению с шахтной печью равномерность обжига и, как правило, повышается активность извести благодаря перемешиванию технологического материала при вращении печи. Однако, вращающаяся печь имеет значительно более высокий, чем в шахтных печах удельный расход топлива, который достигает 200 и более кг у.т./т извести в пересчете на известь с активностью 85 %. Лучшие современные шахтные печи обеспечивают получение извести с активностью 85 % при удельном расходе топлива около 140 кг у.т./т извести.

Применительно к технологической извести, используемой в производстве автоклавного газобетона, комовая известь, как компонент газобетонной смеси, имеет следующие недостатки:

- необходимость в дополнительных энергозатратах на помол комовой извести, которые, по данным ООО «Теплит», достигают 20 кВт·ч/т извести;
- неравномерность химического и кристаллического состава;
- нестабильность технических свойств извести;
- низкая активность из-за большого количества недожога и пережога и, как следствие, повышенный удельный расход на кубический метр газобетона.

Оптимальным решением перечисленных выше проблем может явиться замена извести, полученной помолом комовой, на дисперсный аналог, получаемый непосредственным обжигом карбонатсодержащего сырья мелких фракций. Однако, в литературе отсутствуют данные о промышленном производстве продукции такого рода. С другой стороны, известно, что декарбонизация известняка в современных клинкерных печах сухого способа осуществляется именно в дисперсном состоянии. Другим примером удачного применения «кальцинации» в тонкодисперсном состоянии является разработка устройства для прокалики гидрата глинозема на УАЗ (Уральском алюминиевом заводе), внедрение которого существенно улучшило технико-экономические показатели продукции.

Можно ожидать, что обжиг карбонатсодержащего сырья в дисперсном потоке с использованием циклонов для нагрева и регенерации тепла применительно к ООО «Теплит» будет столь же эффективным как на УАЗе, поскольку

циклонная печь, в сравнении с шахтными и вращающимися печами, позволяет максимально тонко регулировать тепловой режим обжига.

Так как необходимая температура обжига сырьевого материала в циклонной печи составляет около 900 °С, опасность получения пережженного продукта практически отсутствует, в то время как в шахтной печи температура в зоне обжига достигает 1000-1300 °С, а во вращающейся печи – 1100-1250 °С.

Обжиг материала мелких фракций в дисперсном потоке обеспечивает высокую однородность технических свойств получаемого технологического продукта, недостижимую при использовании вращающихся, а тем более шахтных печей. Сочетание малых размеров частиц известняка и кратковременности нахождения их в зоне обжига исключает как недожог, так и пережог продукции.

Предварительные расчеты, выполненные на математической модели тепловой работы циклонной печи, установили, что ожидаемые удельные теплозатраты на обжиг в ней будут близки показателям шахтных печей при более высоком качестве получаемой продукции.

В циклонных печах при влажности исходного сырья около 7 % расчетная величина удельного расхода топлива составила 162,8 кг к.т./т извести с активностью, близкой к 100 %. В пересчете на известь с активностью 85 %, характерной для шахтных печей, удельный расход топлива составляет 138,4 кг у.т./т извести, т.е. ниже, чем в шахтной печи, при этом выход годной продукции приближается к 100 %.

Как следует из изложенного выше, для производства извести по предлагаемой технологии подходит дисперсное сырье, которое в принципе не пригодно для обжига в шахтных и вращающихся печах. Известно, что значительная часть сырья для кускового обжига извести сбрасывается в отвалы в виде так называемых отсевов. Поэтому технология циклонного обжига извести является безотходной и может рекомендоваться в дополнение к шахтным и вращающимся известковым печам, в том числе, и с целью утилизации отсевов.

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМПЛЕКСА ПО ПРОИЗВОДСТВУ МИНЕРАЛОВАТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

*Холзаков Д.А., Иконников И.С., Тупоногов В.Г.
УрФУ*

На предприятии по производству минеральной ваты, расположенном в Свердловской области, были проведены ряд измерений, связанных с составом, температурой и расходом уходящих газов. По результатам измерений были сделаны выводы об источниках основных выбросов, это оказались вагранка, предназначенная для плавления сырья, и камера полимеризации, предназначенная для тепловой обработки ковра горячим потоком воздуха с последующим затвердеванием связующего вещества.